

# Planification de la ventilation lors de la construction ou de la rénovation de bâtiments scolaires

Informations et recommandations pour  
les maîtres d'ouvrage

*Air  
frais,  
idées  
claires*

Une campagne pour améliorer la qualité de l'air dans les écoles suisses, initiée par :



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI  
**Office fédéral de la santé publique OFSP**





Différents facteurs influencent la santé humaine. Au-delà des prédispositions individuelles, l'environnement ainsi que les conditions de travail et de vie jouent également un rôle important. C'est pourquoi l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) s'engage pour créer des conditions propices à un environnement sain.

Un environnement favorable à la santé revêt une importance particulière chez les enfants et les adolescents. À ce titre, l'école, où ils passent beaucoup de temps, joue un rôle de premier plan. C'est pourquoi l'OFSP s'est intéressé aux conditions d'apprentissage et de travail dans des écoles de différents degrés.

Une étude conduite par nos soins a montré que la qualité de l'air dans de nombreuses salles de classe en Suisse était insuffisante à certains moments, parfois même en moyenne

quotidienne. Cette situation a pour conséquence de mauvaises conditions d'apprentissage et de travail pour les élèves et les enseignants et des atteintes à la santé des personnes souffrant d'allergies et d'asthme.

L'adoption de quelques gestes simples, une bonne planification et un dialogue régulier entre utilisateurs, exploitants, maîtres d'ouvrage et propriétaires d'un bâtiment peuvent permettre d'améliorer significativement la qualité de l'air. L'OFSP souhaite favoriser ce dialogue. Dans cette brochure, il dresse un état des lieux de la situation, des seuils d'hygiène recommandés et des possibilités d'amélioration dans le domaine des infrastructures. Nous nous adressons aujourd'hui à toutes les personnes concernées pour qu'elles s'engagent à améliorer la qualité de l'air dans les salles de classe suisses.

Cette brochure vous présente les enseignements principaux de nos recherches et des suggestions pour améliorer la qualité de l'air dans les salles de classe. Nous vous remercions de votre intérêt et de votre engagement pour la santé et le bien-être de la prochaine génération.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'R. Charrière'. The signature is fluid and cursive, written over a white background.

**Roland Charrière**

Directeur suppléant de l'Office fédéral de la santé publique,  
responsable de l'unité de direction Protection des consommateurs

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Contexte</b>	<b>5</b>
1.1	La qualité de l'air influe sur la qualité de l'apprentissage et la santé	6
1.2	Les salles de classe nécessitent un apport d'air frais plus important que d'autres locaux	6
1.3	La qualité de l'air dans les salles de classe en Suisse est souvent insuffisante	6
<b>2</b>	<b>Bases pour l'élaboration d'un concept de ventilation</b>	<b>7</b>
2.1	Possibilités et limites des habitudes d'aération des usagers	8
2.2	Interaction entre le bâtiment et les habitudes d'aération	10
2.3	Développement d'une position commune et d'objectifs contraignants	11
<b>3</b>	<b>Aspects pertinents dans l'élaboration d'un concept de ventilation</b>	<b>12</b>
3.1	Synergies entre concept de ventilation et architecture	13
3.2	Volumes suffisants et flux d'air optimisés lors de l'aération par les fenêtres	13
3.3	Synergies entre degré d'automatisation et besoins des utilisateurs	14
3.4	Adaptation à l'occupation de la pièce	14
3.5	Adaptation à la chaleur estivale	15
3.6	Respect des exigences en matière d'hygiène	15
<b>4</b>	<b>Informations générales</b>	<b>16</b>
FICHES THÉMATIQUES :		
<b>A</b>	Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> ) comme indicateur de la qualité de l'air intérieur et de l'aération	17
<b>B</b>	Évaluation de la qualité de l'air intérieur et de l'aération à l'aide du niveau CO <sub>2</sub>	18
<b>C</b>	Évolution du niveau de CO <sub>2</sub> dans les salles de classe aérées par ouverture manuelle des fenêtres	21
<b>D</b>	Aération dans les écoles : situation en Suisse	22
<b>E</b>	Systèmes d'aération existants	24
<b>5</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>27</b>

# Contexte

## 1.1 La qualité de l'air influe sur la qualité de l'apprentissage

**Un air de qualité améliore la performance et la santé des élèves.**

Enseigner et apprendre nécessitent des salles de classe bien aérées. Plus la qualité de l'air intérieur est bonne, meilleures sont les performances intellectuelles des élèves et des enseignants, comme l'ont démontré plusieurs études scientifiques <sup>[1]</sup> → **FICHE THÉMATIQUE B**. Des pièces bien aérées sont bénéfiques pour la santé. Les personnes atteintes de maladies respiratoires, comme l'asthme, constatent une diminution de leurs troubles. La fréquence des symptômes non spécifiques comme les maux de tête et les sensations d'irritation diminue également.

L'objectif doit donc être de maintenir une bonne qualité de l'air dans les classes durant l'ensemble du temps scolaire. Les périodes où la qualité de l'air est mauvaise doivent être maintenues aussi courtes que possible.

## 1.2 Les salles de classe nécessitent un apport d'air frais plus important que d'autres locaux

Les salles de classe se distinguent par une occupation dense ; durant les périodes d'enseignement, un nombre important de personnes sont réunies dans un espace relativement restreint. Les émissions des élèves et du personnel enseignant constituent la part prédominante de la pollution de l'air ambiant. <sup>[2, 3, 4, 5]</sup> Ces émissions proviennent notamment de substances produites par le métabolisme comme le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de composés organiques rejetés dans l'air par la respiration et la transpiration. À cela s'ajoutent des substances provenant des vêtements et des produits d'hygiène corporelle, des particules, des virus et des bactéries. Pour éviter que ces impuretés inévitables ne s'accumulent dans la pièce, il est indispensable de l'aérer, afin d'évacuer l'air vicié et « usé » et de le remplacer par une quantité correspondante d'air frais.

En raison du nombre élevé de personnes réunies dans une salle de classe et du niveau de pollution qui l'accompagne, une aération importante, c'est-à-dire un échange de grandes quantités d'air par unité de temps, est nécessaire pour maintenir une bonne qualité de l'air intérieur. Si la pièce ne peut être ventilée que par les fenêtres, l'aération doit être répétée fréquemment et pendant des périodes suffisamment longues.

## 1.3 La qualité de l'air dans les salles de classe en Suisse est souvent insuffisante

**Il faut agir sur l'aération dans les salles de classe suisses.**

Utiliser le CO<sub>2</sub> comme indicateur permet de mesurer et d'évaluer la qualité de l'air dans les salles de classe et d'en tirer des enseignements en matière de pratiques d'aération → **FICHE THÉMATIQUE A** → **FICHE THÉMATIQUE B**. De nombreuses études réalisées dans différents pays ont observé le même phénomène: <sup>[1, 6]</sup> la qualité de l'air est souvent insuffisante et le taux de ventilation spécifié dans les normes de construction et de ventilation n'est pratiquement jamais respecté. Ce constat ne s'applique pas uniquement aux salles de classe que l'on aère en ouvrant les fenêtres, et où la qualité de l'air intérieur peut laisser fortement à désirer → **FICHE THÉMATIQUE C**. En effet, les salles de classe ventilées mécaniquement ne répondent pas non plus toujours aux normes.

Une étude représentative de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) sur la ventilation dans les écoles suisses a montré que l'aération était insuffisante – air insalubre durant plus de 10% du temps d'enseignement (niveau de CO<sub>2</sub> supérieur à 2000 ppm) – dans deux tiers des salles de classe → **FICHE THÉMATIQUE D**. Dans cette étude, l'aération par ouverture des fenêtres constituait la règle.

# Bases pour l'élaboration d'un concept de ventilation

## 2.1 Possibilités et limites des habitudes d'aération des usagers

Dans les bâtiments scolaires existants où l'aération se fait par ouverture manuelle des fenêtres, une bonne ventilation dépend uniquement du comportement des utilisateurs. En aérant correctement la pièce, les élèves et les enseignants peuvent, dans la majeure partie des cas, améliorer immédiatement et considérablement la qualité de l'air intérieur. Afin de soutenir les écoles dans cette démarche, l'OFSP a publié la recommandation «Bien aérer sa classe» à l'intention des écoles et des enseignants. En outre, l'outil de simulation convivial SIMARIA est également disponible sur Internet (voir pages 30-31). Il est ainsi possible de planifier de manière flexible les durées d'aération nécessaires en fonction du volume de la pièce et du nombre d'élèves ([www.aerer-les-ecoles.ch](http://www.aerer-les-ecoles.ch), [www.simaria.ch](http://www.simaria.ch)). Les premiers essais réalisés avec des classes pilotes ont donné des résultats prometteurs → [FICHE THÉMATIQUE D](#).

La brochure «Bien aérer sa classe» comprend une foule d'informations et présente huit règles de base pour une bonne aération. Elles sont reproduites ci-après.

- 1** Aérer généreusement avant les premiers cours du matin et de l'après-midi pour commencer la journée avec de l'air frais de l'extérieur.
  - 2** Tout au long de la journée, utiliser pleinement les pauses, courtes ou longues, pour aérer le plus possible.\*
  - 3** Toujours ouvrir toutes les fenêtres complètement.
  - 4** Durant l'aération, la porte de la classe doit en principe rester fermée.
  - 5** Ne pas déposer d'objets sur le rebord des fenêtres afin de ne pas entraver l'ouverture complète des fenêtres.
  - 6** Pour créer un courant d'air, ouvrir les fenêtres et la porte de la classe ainsi que les fenêtres du corridor.
-  En été, laisser les pièces se rafraîchir aussi longtemps que possible durant la nuit ou tôt le matin.
-  En hiver, éviter une aération prolongée durant la période de chauffage.\*

\* Idéal : calculer la durée d'aération nécessaire avec SIMARIA.

**Si une aération par ouverture manuelle des fenêtres est prévue, les usagers doivent accepter d'adopter les habitudes d'aération nécessaires.**

Appliquer ces règles avec rigueur n'est pas toujours évident. Différents obstacles doivent être surmontés pour instaurer de bonnes habitudes d'aération au sein d'un établissement :

- une aération régulière et suffisamment prolongée provoque inévitablement des pertes de chaleur, et entre ainsi en conflit avec l'objectif d'efficacité énergétique. Si le sujet n'a pas été abordé avec le maître d'ouvrage /le propriétaire, et en l'absence de position commune, les écoles peuvent se retrouver sous pression.
- Pour que toutes les classes bénéficient d'un air de même qualité, un horaire d'aération pour chaque salle de classe du bâtiment doit être élaboré et mis en œuvre, ce qui implique un important travail de sensibilisation et d'information auprès du corps enseignant, et un engagement de sa part.
- Les horaires d'aération sont plus faciles à mettre en œuvre lorsque les classes sont plus ou moins « fixes » et qu'un maître de classe est présent, soit le plus souvent au niveau primaire. Cela devient plus difficile lorsque les salles sont utilisées en alternance par différentes classes.
- Des horaires d'enseignement flexibles comprenant des pauses courtes et variables à l'intérieur du bâtiment et une seule longue pause commune peuvent entraîner un conflit avec les durées d'aération nécessaires durant les pauses : en effet, aérer par temps froid provoque une baisse de température brève mais marquée dans la pièce. Si les élèves sortent pour passer leur pause dehors à l'air frais, la baisse temporaire de la température de leur classe, qui se réchauffera par ailleurs rapidement, ne les dérangera pas. En revanche, si les élèves et leurs enseignants souhaitent ou doivent rester en classe durant les pauses courtes en raison d'horaires d'enseignement flexibles afin de ne pas déranger les autres classes, ils seront alors exposés au froid et aux courants d'air pendant que la pièce sera aérée. Cela peut engendrer des plaintes légitimes, et pousser à refermer rapidement les fenêtres.
- Les conditions structurelles, en particulier la taille des pièces par rapport au nombre d'élèves, mais aussi la disposition et la taille des fenêtres, ainsi que le vent et la température influencent l'efficacité de l'aération et le niveau de la qualité de l'air intérieur qui peut être atteint au moyen d'une aération par ouverture manuelle des fenêtres.

## 2.2 Interaction entre le bâtiment et les habitudes d'aération

**La mise en œuvre d'un concept de ventilation dans les nouveaux bâtiments et lors d'une rénovation garantit un air intérieur de bonne qualité durant tout le temps d'enseignement.**

Dans les bâtiments existants où l'aération s'effectue par ouverture manuelle des fenêtres, la mise en œuvre d'un horaire d'aération cohérent permet d'éviter en grande partie un air insalubre durant le temps d'enseignement (niveau CO<sub>2</sub> >2000 ppm). Cependant, il est difficile d'assurer la bonne qualité de l'air intérieur ambiant tout au long du temps consacré à l'enseignement. Pour atteindre cet objectif de manière sûre sur le long terme, des mesures et solutions structurelles doivent venir en soutien aux utilisateurs dans leurs tâches d'aération. Si une rénovation est à l'ordre du jour ou qu'une nouvelle construction est prévue, il est temps d'évaluer et de mettre en œuvre ce type de mesures.

Lorsqu'un bâtiment est construit ou rénové aujourd'hui, son enveloppe sera non seulement bien isolée mais aussi très hermétique. Les fenêtres récentes sont elles aussi hermétiques, ce qui complique encore l'aération. En effet, le bâtiment est étanche à l'air, il ne contribue plus du tout à l'aération. C'est pourquoi la norme SIA 180:2014 Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments spécifie que, en règle générale, les principes d'une ventilation adéquate doivent être posés suffisamment tôt. On parle alors de concept de ventilation. La norme SIA 180 donne les indications suivantes :

*La présente norme s'applique aux bâtiments neufs, ainsi qu'aux modifications importantes de l'enveloppe et aux changements d'affectation des bâtiments.*

*Un concept de ventilation conforme aux exigences est établi dès l'avant-projet. Les modes de ventilation possibles sont les suivants :*

- *ventilation naturelle à commande manuelle ou automatique*
- *extraction mécanique simple (avec apport d'air planifié)*
- *ventilation mécanique à double flux*

*et leurs combinaisons.*

*Le principe de ventilation doit permettre aux utilisateurs d'obtenir les débits d'air nécessaire par une utilisation appropriée des ouvertures de ventilation naturelle ou de la ventilation mécanique.*

Le point principal à retenir est que la ventilation des bâtiments ne doit pas être aléatoire, à savoir qu'il ne faut pas partir du principe que la présence de fenêtres est en soi suffisante. Ainsi, la ventilation naturelle doit elle aussi être planifiée de manière à ce qu'un comportement raisonnable des usagers permette d'assurer une qualité de l'air intérieur suffisante à tout moment. Les concepts qui reposent sur une ventilation naturelle peuvent représenter un défi majeur en termes de planification et nécessitent l'implication des utilisateurs dans le processus.

## 2.3

# Développement d'une position commune et d'objectifs contraignants

**En tant que client, le maître d'ouvrage doit indiquer explicitement ses exigences en matière de qualité de l'air dans les salles de classe.**

**Une position commune des propriétaires, des exploitants et des utilisateurs sur l'importance d'un air intérieur de qualité dans les salles de classe est cruciale.**

L'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment a également une influence sur la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments scolaires. Cependant, le taux d'occupation élevé constitue le point le plus critique. Cette réalité justifie à elle seule l'élaboration d'un concept de ventilation pour tout nouveau bâtiment scolaire et toute rénovation profonde. Cette tâche incombe aux architectes et aux planificateurs en ventilation. Cependant, la première pierre doit être posée par le client, responsable de définir les exigences concrètes à satisfaire. Cela signifie qu'il doit indiquer aux responsables de la planification la qualité de l'air intérieur à atteindre pendant le temps d'enseignement, par exemple une qualité d'air ambiant conforme à la norme SIA 382/1 ou le niveau de CO<sub>2</sub> qui ne doit pas être dépassé en fonctionnement normal. Cette démarche doit être effectuée pour chaque projet de construction.

Dans un premier temps, il est conseillé de discuter ouvertement du sujet avec toutes les personnes concernées, par exemple en organisant une table ronde avec les représentants des utilisateurs (autorités scolaires, direction de l'établissement), des propriétaires, du maître d'ouvrage (service des bâtiments), de l'exploitant (service immobilier du service des bâtiments) et des responsables des questions énergétiques et environnementales. Le présent document ainsi que les informations de la campagne « De l'air frais pour des idées claires » peuvent servir de base de discussion ([www.aerer-les-ecoles.ch](http://www.aerer-les-ecoles.ch)), l'objectif étant de s'accorder sur

- la nécessité d'étudier attentivement la question de la ventilation lors de chaque projet de nouvelle construction scolaire ou de rénovation,
- le fait que le rôle premier de la ventilation est de garantir la bonne qualité de l'air intérieur tout en préservant une efficacité énergétique élevée, et
- les objectifs à atteindre en matière de qualité de l'air intérieur (voir → **FICHE THÉMATIQUE B** pour les recommandations de l'OFSP).

Des ressources doivent systématiquement être allouées à la planification et à la mise en œuvre complète d'un concept de ventilation ; l'aération suffisante des salles de classe ne doit pas être un « poste d'économies ». Les nouveaux bâtiments et les rénovations doivent correspondre à l'état reconnu dans le monde de la construction. Sur la base de la décision de principe adoptée d'un commun accord, les exigences de chaque projet de construction peuvent ensuite être formulées.

### Approches de mise en œuvre techniques

Les concepts de ventilation peuvent être divisés en concepts prévoyant une ventilation naturelle par les fenêtres (manuelle ou automatique), un transport mécanique de l'air ou une combinaison des deux. Le concept de ventilation le plus pertinent doit être déterminé pour chaque nouveau bâtiment ; la « solution miracle » n'existe pas. Cependant, il existe plusieurs options (voir exemples sur → **FICHE THÉMATIQUE E**). Chaque solution a ses avantages et ses inconvénients. Les différences concernent

- la performance et les moyens de contrôle de la qualité de l'air intérieur,
- la simplicité ou la complexité du système,
- l'espace requis et l'ampleur de l'intervention,
- les possibilités de filtration de l'air extérieur et d'isolation acoustique,
- les possibilités de récupération de chaleur et d'optimisation énergétique,
- l'entretien/la maintenance ainsi que
- les coûts d'installation, de maintenance, et les coûts énergétiques liés à l'exploitation du système.

# 3

## **Aspects pertinents dans l'élaboration d'un concept de ventilation**

## 3.1 Synergies entre concept de ventilation et architecture

Intégrer très tôt la question de l'aération dans la planification permet de trouver des solutions durables et optimisées en termes d'efficacité énergétique, de qualité de l'air intérieur et de coûts.

Lors de nouvelles constructions scolaires, une étude de faisabilité ou une planification test sont généralement effectuées dans un premier temps. Au vu des interactions importantes qui peuvent exister entre les concepts de ventilation et l'architecture, en particulier dans les projets avec ventilation naturelle, il est conseillé de définir les valeurs cibles à atteindre en termes de qualité de l'air intérieur dès cette phase et de vérifier leur faisabilité. Si un concours est organisé, la qualité de l'air attendue et les habitudes d'aération des utilisateurs doivent être définies dans le programme du concours.

Les décisions de principe concernant les systèmes et solutions au niveau architectural et technique, comme le programme d'aménagement, ou le choix de l'installation de chauffage, sont prises dans l'avant-projet. Le concept de ventilation est également défini à ce stade. Un comparatif des différents systèmes peut s'avérer utile et devrait être explicitement demandé dans l'appel d'offres relatif aux prestations de planification. Les critères pertinents sont, par exemple, l'ampleur de l'intervention et d'autres aspects structurels, la qualité de l'air intérieur/niveau de CO<sub>2</sub>, la consommation d'énergie, les coûts d'investissement et de fonctionnement.

Dès lors qu'un concept d'aération manuelle ou d'aération manuelle d'appoint est envisagé, il est essentiel que les utilisateurs concernés soient en accord avec le comportement attendu d'eux. Le propriétaire et les représentants des utilisateurs définissent conjointement les habitudes d'aération des utilisateurs et les communiquent par écrit au représentant du maître d'ouvrage.

## 3.2 Volumes suffisants et flux d'air optimisés lors de l'aération par les fenêtres

**Plus il y a de personnes et plus la pièce est petite, plus la qualité de l'air diminue rapidement.**

---

Dans les concepts prévoyant une ventilation naturelle (aération, manuelle ou automatique, par les fenêtres), les volumes d'air frais sont variables à court terme et ne peuvent être contrôlés que dans une mesure limitée. Ils sont influencés par la force et la direction du vent, la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, etc. La densité d'occupation est un facteur décisif pour la qualité de l'air intérieur et la faisabilité de l'aération par ouverture des fenêtres. Le volume de la pièce par personne doit donc être suffisamment grand, et comprendre des hauteurs de plafond appropriées ou des surfaces au sol généreuses. Les flux d'air doivent être optimisés, par exemple au moyen de fenêtres allant du sol au plafond lorsque l'aération est unilatérale, de fenêtres placées sur les côtés opposés de la pièce pour créer un courant d'air, ou d'air évacué par des puits ou des cheminées. On trouve parfois des systèmes de ventilation avec puits dans d'anciens bâtiments scolaires construits entre 1900 et 1940.

Le système de chauffage doit pouvoir compenser rapidement la baisse de température qui suit l'aération. Les pertes de chaleur dues à l'aération doivent en effet être prises en compte. Cet inconvénient peut devenir caduc si le chauffage provient entièrement d'énergies renouvelables.

## 3.3 Synergies entre degré d'automatisation et besoins des utilisateurs

**Les utilisateurs doivent être informés du fonctionnement des systèmes automatisés.**

---

Lors du choix de systèmes automatisés dans les bâtiments, il convient de garder à l'esprit que l'être humain ressent un besoin fondamental de pouvoir adapter son intérieur. Cela vaut non seulement pour l'éclairage, l'ombrage et le chauffage, mais aussi pour l'aération. Ainsi, les fenêtres doivent toujours pouvoir être ouvertes. Des réglages doivent également permettre d'augmenter ou de diminuer la puissance de la ventilation. Les utilisateurs doivent être informés des possibilités dont ils disposent, le fonctionnement du système doit être simple et la technique doit être réactive. Respecter ces critères a une influence décisive sur la satisfaction et l'acceptation de la technologie. En revanche, ne pas prendre en compte ce besoin fondamental augmente le risque d'insatisfaction et de plaintes sur les conditions ambiantes ou l'aération, et ce indépendamment des caractéristiques de l'air ambiant mesurées de manière objective.<sup>[7]</sup>

C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser des concepts de ventilation dits hybrides, où la ventilation mécanique assure une part importante de l'aération et où l'utilisateur aère en sus en ouvrant brièvement les fenêtres durant les pauses. De cette façon, il influence activement les conditions ambiantes. Quel que soit le concept de ventilation choisi, les fenêtres doivent pouvoir être ouvertes en tout temps.

## 3.4 Adaptation à l'occupation de la pièce

Dans les salles de classe, les besoins de ventilation sont sujets à d'importantes fluctuations. La salle peut être vide ou au contraire entièrement occupée. Parfois, des demi-classes ou quelques élèves peuvent s'y trouver. Idéalement, une ventilation automatisée devrait s'adapter à ces fluctuations. En effet, cela permet une bonne efficacité énergétique, tout en évitant que, durant les froides journées d'hiver, la pièce soit trop aérée, conduisant à un assèchement excessif de l'air ambiant – l'humidité reprise étant nettement supérieure à celle produite par les personnes présentes.

L'air trop sec en hiver est une critique qui revient fréquemment en rapport avec la ventilation mécanique. Ainsi, une ventilation à la demande et des températures adaptées peuvent permettre d'atténuer le problème tout en améliorant l'efficacité énergétique.

## 3.5 Adaptation à la chaleur estivale

Le concept de ventilation doit également tenir compte des conditions qui prévalent en été et s'intégrer à la protection thermique estivale. En effet, le confort thermique est le point critique lors des chaudes journées d'été. Vers midi et surtout l'après-midi, l'air frais amené de l'extérieur est très chaud. Les systèmes avec récupération de chaleur peuvent fonctionner en sens inverse en été et, par conséquent, diminuer légèrement la température de l'air fourni tant que l'air ambiant est relativement frais. L'élément décisif est toutefois une importante aération nocturne et en début de matinée, qui dissipe la chaleur stockée dans la masse du bâtiment pendant la journée et la refroidit (refroidissement nocturne); la masse agit ensuite comme un refroidisseur pendant la journée. En combinaison avec une protection solaire efficace, cela peut permettre d'éviter que les salles de classe surchauffent pendant les chaudes journées d'été.

Le refroidissement nocturne par des fenêtres à ouverture manuelle ou automatique est particulièrement efficace.

D'autres méthodes de refroidissement à faible consommation d'énergie peuvent également être envisagées («free cooling», plafonds rafraîchissants).

## 3.6 Respect des exigences en matière d'hygiène

**Les installations de ventilation bien conçues sont sûres d'un point de vue hygiénique lorsqu'elles sont correctement utilisées et entretenues.**

Lors du choix d'un dispositif, il faut également tenir compte du fait que les systèmes et équipements de ventilation doivent être correctement planifiés, construits, réglés, utilisés et entretenus. Ces solutions techniques génèrent souvent un sentiment de malaise, et l'on craint qu'elles puissent poser un risque pour la santé. Cependant, dès lors que les exigences principales de la Directive SICC VA104-02 Exigences hygiéniques pour les installations et appareils aérauliques sont respectées, les systèmes de ventilation sont très sûrs et avantageux sur le plan de la santé. L'essentiel est d'éviter toute négligence.

# 4

## Informations générales

### FICHES THÉMATIQUES

**A**

Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) comme indicateur de la qualité de l'air intérieur et de l'aération

**B**

Évaluation de la qualité de l'air intérieur et de l'aération à l'aide du niveau CO<sub>2</sub>

**C**

Évolution du niveau CO<sub>2</sub> dans les salles de classe aérées par ouverture manuelle des fenêtres

**D**

Aération dans les écoles : situation en Suisse

**E**

Systemes d'aération existants

## Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) comme indicateur de la de la qualité de l'air intérieur et de l'aération

Le CO<sub>2</sub> est un composant naturel de l'air ambiant. Il se forme lors de la combustion de substances contenant du carbone avec de l'oxygène. Dans les organismes vivants, il est un produit de décomposition de la respiration cellulaire. Dans l'air extérieur, sa concentration s'élève actuellement à environ 400 ppm (parties par million, soit 0,04 %), avec une lente tendance à la hausse.

Dans les espaces intérieurs, le CO<sub>2</sub> est un bon indicateur des nombreuses impuretés dans l'air qui résultent du métabolisme des personnes dans la pièce. <sup>[8]</sup> Certaines de ces impuretés sont détectables à l'odeur. Il s'agit des odeurs corporelles qui, lorsque leur concentration est suffisamment forte, donnent lieu à la sensation bien connue d'une pièce « étouffante », « qui sent le renfermé », « viciée ». <sup>[5, 9]</sup> Le CO<sub>2</sub> en revanche est inodore. Mais il est facile à mesurer.

Les personnes présentes dans la pièce peuvent faire augmenter la concentration de CO<sub>2</sub> qui atteint alors plusieurs fois son niveau dans l'air extérieur. Les seules autres sources CO<sub>2</sub> à l'intérieur sont des processus de combustion ouverts, comme une cuisinière à gaz, qui sont généralement inexistantes dans les salles de classe. Le CO<sub>2</sub> se prête donc particulièrement bien à l'évaluation de la qualité de l'air intérieur dans les locaux densément occupés tels que les salles de classe.

Il existe une relation bien documentée entre le niveau de CO<sub>2</sub> dans une pièce et l'appréciation sensorielle de la qualité de l'air par les personnes lorsqu'elles y pénètrent. Plus le niveau de CO<sub>2</sub> est élevé, plus l'air est jugé mauvais, et plus la proportion de personnes insatisfaites de la qualité de l'air dans la pièce est élevée. <sup>[8]</sup> Par exemple, si le niveau de CO<sub>2</sub> est de 500 ppm supérieur à sa valeur dans l'air extérieur (environ 900 ppm dans la pièce), on peut s'attendre à ce que 20 % des personnes entrant dans la pièce soient insatisfaites de la qualité de l'air intérieur. Avec une différence de 800 ppm (environ 1200 ppm dans la pièce), le taux d'insatisfaits atteint déjà 30 %. Ce constat s'applique aux bâtiments dont les nuisances sensorielles sont faibles par ailleurs (« bâtiments à faibles émissions »). <sup>[10]</sup> Lorsque l'on interroge des personnes qui sont déjà dans la pièce et dont l'odorat s'est adapté, elles ne parviennent que difficilement à évaluer si la pièce est plus ou moins bien aérée <sup>[11]</sup>.

Le CO<sub>2</sub> est également un indicateur pour l'aération d'une pièce : plus le volume d'air frais est faible, plus le niveau de CO<sub>2</sub> est élevé – et plus la qualité de l'air intérieur est mauvaise. Des approches plus récentes se fondent sur la pollution olfactive standardisée d'une personne et sur l'évaluation sensorielle de la qualité de l'air en fonction de l'aération. Les nuisances sensorielles supplémentaires provenant des bâtiments et des installations peuvent également être prises en compte. Ces relations constituent la base uniforme utilisée pour établir les normes de ventilation dans les pays européens et en Suisse. <sup>[8, 10]</sup> La qualité de l'air intérieur peut ensuite être catégorisée en différentes classes auxquelles correspondent des niveaux de CO<sub>2</sub> et les volumes d'air frais nécessaires par heure.

# B

# FICHE THÉMATIQUE

## Évaluation de la qualité de l'air intérieur et de l'aération à l'aide du niveau CO<sub>2</sub>

La norme SIA 180:2014 Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments donne une valeur indicative allant de 1000 à 2000 ppm pour le CO<sub>2</sub> dans les pièces utilisées. On peut donc en conclure que la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments doit être gérée de manière à ce que le niveau de CO<sub>2</sub> ne dépasse pas le seuil de 2000 ppm dans les locaux habités ou utilisés. Ce principe s'applique notamment aux bâtiments avec aération par ouverture des fenêtres, où la ventilation ne s'effectue pas de manière continue, mais sporadique, ce qui peut donner lieu à d'importantes fluctuations du niveau de CO<sub>2</sub>.

La norme SIA 382/1:2014 Installations de ventilation et de climatisation – Bases générales et performances requises s'applique aux bâtiments à ventilation mécanique où l'évolution du CO<sub>2</sub> est plus linéaire. Elle définit des catégories d'air intérieur et les débits d'air frais nécessaires. Dans les pièces de séjour comme les locaux d'habitation ou les bureaux, la norme prévoit une plage de 1000 à 1400 ppm, ou un débit d'air frais de 18 à 30 m<sup>3</sup> par heure et par personne (catégorie INT 3). En cas d'exigences accrues, c'est-à-dire de revendications spécifiques concernant les odeurs, en particulier pour les personnes arrivant dans la pièce, des niveaux de CO<sub>2</sub> inférieurs à 1000 ppm ou un débit d'air frais supérieur à 30 m<sup>3</sup>/h par personne (catégorie INT 2) sont applicables.

En complément, le cahier technique SIA 2024:2014 Données d'utilisation des locaux pour l'énergie et les installations du bâtiment précise critères de dimensionnement à appliquer pour les installations de ventilation en fonction de l'utilisation prévue. Pour les salles de classe, un débit d'air frais de 25 m<sup>3</sup>/h par personne est indiqué en présence d'une aération d'appoint par ouverture des fenêtres. Sans ce type d'aération d'appoint, le débit d'air frais requis est de 30 m<sup>3</sup>/h.

Les exigences définies dans les normes SIA concernent en premier lieu la qualité de l'air intérieur perçue, et donc le confort et l'hygiène. Dans le cadre des recherches menées sur ce que l'on appelle le *Sick building Syndrome*, des études scientifiques ont été réalisées depuis plusieurs décennies déjà sur les postes de travail dans les bureaux. Celles-ci ont mis en lumière plusieurs associations. <sup>[12, 13, 14]</sup>

Une meilleure aération des locaux conduit à

- une baisse des symptômes non spécifiques comme les irritations des muqueuses, les maux de tête, la fatigue, etc.,
- une diminution des symptômes chez les personnes souffrant de maladies respiratoires comme l'asthme et,
- une hausse de la performance.

Ces constatations sont attribuées à la qualité globale de l'air intérieur, qui est plus ou moins bonne en fonction de l'aération. <sup>[15]</sup> En plus de la pollution causée par les personnes, une grande variété d'émanations provenant des matériaux, des objets et des appareils peuvent également s'accumuler dans l'air ambiant. Dans les bureaux, et surtout dans les pièces de séjour, ces émanations ont un impact relatif supérieur à celui qu'elles ont dans les salles de classe, où la contamination due aux personnes présentes dans la pièce est plus importante. <sup>[5, 10]</sup>

Ces constats ont mené les chercheurs à s'intéresser aux salles de classe depuis quelques années. <sup>[6, 16]</sup> Des études ont permis d'évaluer les capacités intellectuelles des élèves dans différentes conditions d'aération, notamment avec de l'air ambiant fortement contaminé. Elles ont permis de confirmer les constats dressés dans les bureaux : aujourd'hui, il est clairement démontré que les performances intellectuelles des élèves s'améliorent lorsque leur salle de classe est bien aérée. <sup>[1]</sup> Dans ces études, un air de bonne qualité réduisait le temps de réaction pour des réponses correctes. Par exemple, dans des tests standardisés, les élèves résolvaient plus d'exercices de calcul par unité de temps. Ils obtenaient des résultats significativement meilleurs en additions, en comparaisons numériques, en grammaire ainsi qu'en lecture et en compréhension. Le taux d'erreurs en revanche restait pratiquement stable. <sup>[17, 18, 19]</sup> Dans les études scientifiques les plus robustes sur le plan méthodologique disponibles à ce jour, les améliorations atteignaient jusqu'à 15 %. <sup>[1]</sup> D'autres études ont documenté une meilleure santé respiratoire et une diminution des absences ainsi qu'une diminution de la fréquence des symptômes tels que la fatigue, l'irritation des muqueuses et les maux de tête. Les élèves et enseignants souffrant d'asthme indiquaient une nette diminution de leurs symptômes lorsque la qualité de l'air était bonne.

Dans l'évaluation des effets de la qualité de l'air intérieur/de la teneur en CO<sub>2</sub> et de l'aération sur la santé, il n'existe pas de frontière claire entre nocif et inoffensif ; la transition est fluide, contrairement à l'évaluation toxicologique d'un seul polluant de l'air intérieur. Cependant, l'état actuel des connaissances scientifiques montre clairement que les exigences des normes existantes en matière de construction et de ventilation sont adéquates et doivent absolument être respectées.

Le Comité pour les valeurs standard de l'air intérieur de l'Agence fédérale allemande pour l'environnement a publié, après un examen approfondi de la littérature scientifique, une recommandation pour l'évaluation sanitaire de la concentration de dioxyde de carbone à l'intérieur des bâtiments, laquelle rejoint les valeurs cibles qui figurent dans la norme SIA 180 : les valeurs inférieures à 1000 ppm sont considérées comme « sans danger sur le plan hygiénique », les concentrations entre 1000 et 2000 ppm comme « inquiétantes sur le plan hygiénique » et dès 2000 ppm comme « inacceptables sur le plan hygiénique ». <sup>[20]</sup>

Sur la base des connaissances scientifiques actuelles sur la qualité de l'air intérieur, la santé et les performances intellectuelles, et compte tenu des normes SIA applicables en matière de qualité de l'air intérieur et de ventilation, l'Office fédéral de la santé publique émet les recommandations suivantes :

**1. Éviter au maximum toute teneur en CO<sub>2</sub> supérieure à 2000 ppm.**

En cas de dépassements réguliers, des mesures immédiates doivent être prises pour améliorer l'aération.

**2. Pour un air intérieur sain et de bonnes conditions d'apprentissage, toujours maintenir la teneur en CO<sub>2</sub> dans les salles de classe à un niveau inférieur à 1400 ppm.**

Pour les nouveaux bâtiments scolaires et les rénovations, un concept de ventilation doit être mis en œuvre pour atteindre cet objectif.

La recommandation part du principe qu'il n'y a pas de contamination ou d'odeurs fortes provenant des matériaux de construction, des installations ou de l'équipement. En effet, ces facteurs qui peuvent affecter la qualité de l'air intérieur ne doivent pas être contrôlés au moyen d'une ventilation accrue, mais par des mesures prises à la source. Toutefois, lorsque cela n'est pas possible ou ne l'est que dans une mesure limitée pour des raisons liées à l'utilisation de la pièce, par exemple dans des salles de travaux manuels ou d'informatique, il convient de prévoir des taux de ventilation plus conséquents.

Dans son nouveau commentaire de l'ordonnance 3 sur la loi sur le travail (OLT 3, Protection de la santé), le Secrétariat d'État à l'économie propose une classification de la qualité de l'air selon la norme et synthétise les effets de différentes concentrations de CO<sub>2</sub> sur la santé dans un tableau récapitulatif.

Ainsi, la qualité de l'air intérieur dans les locaux occupés est catégorisée comme suit en fonction de la teneur en CO<sub>2</sub> (illustration 3016-1) :

Teneur en CO <sub>2</sub> dans l'air ambiant (ppm)	Classification de la qualité de l'air selon norme SN546382/1	Qualité de l'air (CO <sub>2</sub> ) : notion « Protection de la santé »
≤ 1000	« Élevé » à « moyen » RAL 1 + RAL 2	<b>Qualité de l'air bonne à très bonne<sup>1</sup></b> Aucun risque pour la santé
> 1000-1400	« Moyen » RAL 3	<b>Qualité de l'air moyenne</b> Augmentation de la fréquence des symptômes comme la fatigue, les irritations, les troubles de la concentration
> 1400-2000	« Faible » RAL 4	<b>Qualité de l'air faible</b> Fréquence accrue des symptômes mentionnés ci-dessus, dégradation croissante des performances
> 2000	–	<b>Qualité de l'air inacceptable sur le plan de l'hygiène</b> Possibles atteintes à la santé  Nécessité d'agir à 2000 ppm (valeur maximale) dans les locaux avec ventilation naturelle : → Aérer en créant un courant d'air, → Étudier une amélioration de l'aération de la pièce.  Pièce ventilées mécaniquement : concentrations inacceptables : → Examen technique de l'installation, dimensionnement et conception, etc.

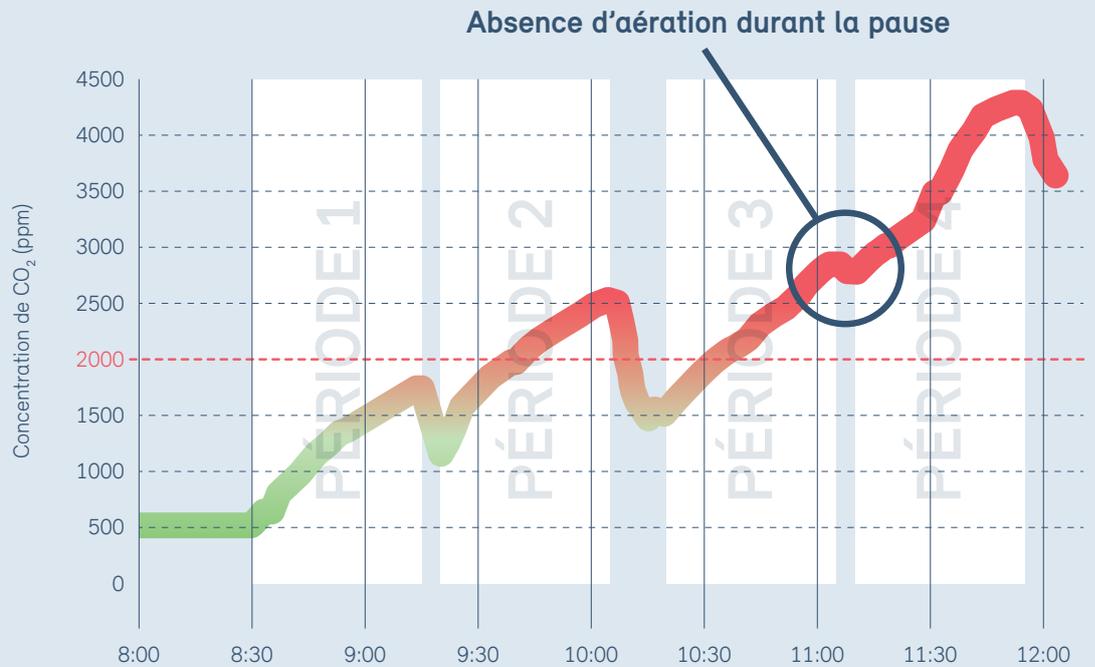
Illustration 316-1 : Classification de l'air intérieur (RAL = qualité de l'air intérieur), terminologie selon la norme SN 546382/1 et protection de la santé valeur cible selon « Pettenkofer ». <sup>1</sup>

Remarque sur la « valeur cible selon Pettenkofer » : il y a 160 ans déjà, l'hygiéniste allemand Max von Pettenkofer déterminait la « teneur en acide carbonique » – la teneur en dioxyde de carbone – de l'air intérieur et étudiait l'aération nécessaire pour préserver sa bonne qualité. Ses travaux ont notamment porté sur la ventilation dans les hôpitaux. De ses recherches sur les teneurs en CO<sub>2</sub> et les plaintes ou témoignages recueillis sur la qualité de l'air, il avait tiré la recommandation suivante : la teneur en CO<sub>2</sub> des pièces de vie – habitations, hôpitaux, ou établissements médico-sociaux – ne devrait pas dépasser 1 pour mille (1000 ppm), « résultant de la respiration et de la transpiration des gens ». <sup>[21]</sup>

## Évolution du niveau de CO<sub>2</sub> dans les classes aérées par ouverture manuelle des fenêtres

Dans les salles de classe aérées uniquement par ouverture des fenêtres, la qualité de l'air varie fortement au cours du temps consacré à l'enseignement. Il s'ensuit typiquement une courbe de CO<sub>2</sub> en dents de scie.

En début de matinée, la qualité de l'air est le plus souvent bonne, voire très bonne. Puis, lorsque les fenêtres sont fermées, elle se détériore rapidement durant le cours. Aérer durant les pauses permet d'améliorer immédiatement la situation. Souvent toutefois, aérer durant les pauses courtes ne permet pas de retrouver la qualité du début de la journée ; l'aération, plus particulièrement la pause, est trop courte pour renouveler l'air ambiant. Le cours suivant débute alors dans un air de moins bonne qualité que le cours précédent. En l'absence totale d'aération durant la pause, la qualité de l'air continue de se détériorer. Elle peut ainsi atteindre une qualité inacceptable sur le plan de l'hygiène, en particulier durant les périodes qui précèdent la pause de midi.



Exemple : évolution de la concentration de CO<sub>2</sub> dans une salle de classe durant une matinée consacrée à l'enseignement. Brève période d'aération à 9 h ; longue pause à 10 h utilisée seulement en partie pour aérer ; pas d'aération durant la pause à 11 h. Qualité de l'air inacceptable durant une grande partie du temps consacré à l'enseignement (niveau de CO<sub>2</sub> >2000 ppm).

D

## Aération dans les écoles : situation en Suisse

En collaboration avec certaines communes des cantons de Berne, de Vaud et des Grisons, l'Office fédéral de la santé publique a conduit une étude représentative durant les périodes de chauffage 2013/14 et 2014/15 dans le but d'évaluer la qualité de l'aération dans les écoles de Suisse. Les concentrations de CO<sub>2</sub> ont été mesurées en continu pendant quatre jours dans 100 salles de classe de 96 bâtiments et extensions scolaires afin d'évaluer les échanges d'air. L'ouverture manuelle des fenêtres était la règle : en effet, 90 des 96 bâtiments inclus dans l'étude étaient exclusivement aérés manuellement par les utilisateurs.

La qualité de l'aération a été catégorisée en fonction des différents taux de CO<sub>2</sub> mesurés durant les périodes d'enseignement. En tenant compte d'une hausse de la teneur en CO<sub>2</sub> entre deux périodes d'aération, la catégorisation suivante a été utilisée pour les valeurs momentanées :

< 1000 ppm	« excellent »
1000-1400 ppm	« bon »
1400-2000 ppm	« uffisant »
> 2000 ppm	« inacceptable »

Les résultats suivants ont été obtenus dans les écoles ventilées manuellement :

- ➔ L'aération s'est avérée de très bonne qualité dans deux salles de classe, où la teneur en CO<sub>2</sub> est en tout temps restée inférieure à 1400 ppm.
- ➔ Elle s'est avérée suffisante dans un tiers des locaux (33 %), où la durée durant laquelle des valeurs inacceptables sur le plan de l'hygiène – à savoir une teneur en CO<sub>2</sub> supérieure à 2000 ppm ont été mesurées – est restée inférieure à 10 % du temps d'enseignement. À contrario, cette durée s'est révélée supérieure à 10 % du temps consacré à l'enseignement dans deux salles de classe sur trois (67 %). Dans ces cas, une action s'impose.
- ➔ Dans 30 % des salles de classe, la qualité de l'air intérieur s'est avérée inacceptable durant 30 % ou plus du temps total d'enseignement.
- ➔ Elle a atteint 50 %, voire plus, dans 10 % des classes.
- ➔ Dans une salle de classe, la qualité de l'air intérieur s'est même avérée inacceptable durant 92 % du temps consacré à l'enseignement.

Six salles de classe étaient ventilées mécaniquement. Dans trois d'entre elles, la teneur en CO<sub>2</sub> est restée inférieure à 1000 ppm durant presque 90 % du temps d'enseignement. Il est à noter toutefois qu'une aération manuelle par ouverture des fenêtres était encore occasionnellement pratiquée dans l'une des salles. Dans une classe, le seuil de 1400 ppm de CO<sub>2</sub> a été dépassé durant 11 % du temps d'enseignement.

Enfin, le seuil de 1400 ppm a été dépassé durant respectivement 43 % et 47 % du temps d'enseignement dans deux salles de classe équipées d'une ventilation mécanique, et un dépassement du seuil de 2000 ppm a également été observé (durant respectivement 5 % et 7 % du temps d'enseignement). L'aération par ouverture des fenêtres était pourtant également pratiquée dans une des salles. Les volumes d'air de ces systèmes avaient été soit sous-dimensionnés, soit mal paramétrés.

### Succès des mesures immédiates

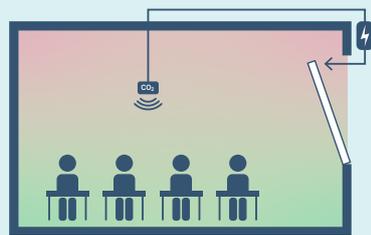
Durant la deuxième phase du projet, un groupe test composé de 23 classes pilotes a évalué les effets de la mise en place d'horaires d'aération sur la base d'un modèle de simulation simple (SIMARIA, [www.simaria.ch](http://www.simaria.ch)). La mise en œuvre des horaires d'aération élaborés avec SIMARIA a conduit à une augmentation très importante du temps d'enseignement durant lequel l'air était excellent et bon (< 1000, resp. 1000-1400 ppm CO<sub>2</sub>).

Des données issues de la première enquête étaient disponibles pour 19 classes pilotes. Les élèves bénéficiaient alors d'un air d'excellente qualité durant 18 % du temps, et de bonne qualité durant 22 % du temps passé en classe. La qualité de l'air était pour sa part inacceptable durant 31 % du temps. Lors de la deuxième mesure, après un changement des habitudes d'aération, les classes pilotes ont passé 42 % du temps d'enseignement dans un air d'excellente qualité et 28 % dans un air de bonne qualité. Le temps durant lequel la qualité de l'air était inacceptable s'élevait à 9 %.

## Systemes d'aération existants

Différentes solutions sont brièvement présentées ci-après à des fins d'illustration. Les options pertinentes dépendent de chaque projet de construction ou de rénovation, et doivent être discutées au cas par cas avec les architectes et les planificateurs en ventilation.

Le site internet [www.aerer-les-ecoles.ch](http://www.aerer-les-ecoles.ch) présente différentes réalisations scolaires en Suisse sous la forme d'études de cas.

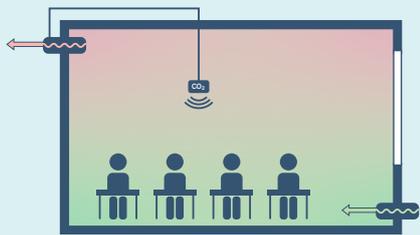


### Aération automatisée par les fenêtres

Un moteur, équipé d'une minuterie ou de senseurs pour le CO<sub>2</sub>, le vent et la température extérieure, ouvre et ferme régulièrement les fenêtres.

Néanmoins, le pilotage de ces systèmes est exigeant. L'ouverture et la fermeture des fenêtres durant l'enseignement peuvent être gênants.

*La récupération de chaleur, l'isolation acoustique et la filtration ne sont pas possibles.*

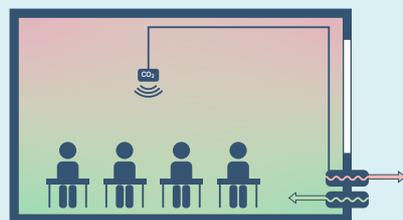


### Installation simple d'air repris

Le volume d'air vicié évacué de la pièce est adapté en fonction du besoin, l'apport d'air frais se fait par les ouvertures en façade.

Un flux d'air passif peut dans certains cas se produire de manière non désirée.

*Pas de récupération de chaleur; isolation acoustique et filtration possibles de manière limitée.*

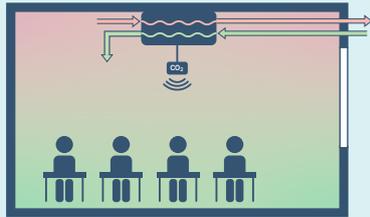


### Systemes de ventilation simple: Aération via la façade, «fenêtre d'aération»

Systeme d'aération complet d'un seul tenant, en règle générale plusieurs appareils par pièce.

Si l'intégration dans la fenêtre est possible, aucune ouverture de façade supplémentaire n'est nécessaire.

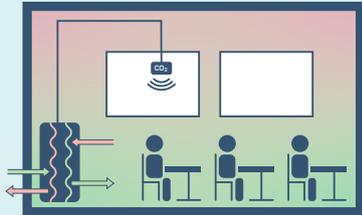
*Récupération de chaleur, isolation acoustique et filtration possibles.*



### Systèmes de ventilation simple, pour pièces individuelles

Système d'aération complet d'un seul tenant, en règle générale un seul appareil par pièce. L'air fourni et l'air repris sont acheminés par des conduits courts à travers la façade.

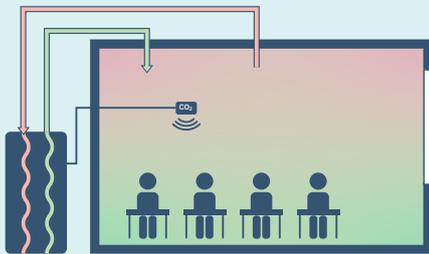
*Récupération de chaleur, isolation acoustique et filtration possibles.*



### Système de ventilation simple, ventilateur central

L'air est aspiré et évacué à partir d'un appareil centralisé qui dessert plusieurs pièces. La répartition de l'air entrant et de l'air évacué se fait par des conduites d'aération.

*Récupération de chaleur, isolation acoustique et filtration possibles.*





# Bibliographie

- [1] Fisk WJ (2017): The ventilation problem in schools: literature review. *Indoor Air* 27: 1039–1051
- [2] Tang X, Misztal PK, Nazaroff WJ, Goldstein AH (2016): Volatile organic compound emissions from humans indoors. *Environmental Science & Technology* 50: 12686–12694
- [3] Braniš M, Řezáčová P, Domasová M (2005): The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>1</sub> in a classroom. *Environmental Research* 99: 143–149
- [4] Jacobs JJH, Krop EJM, de Wind S, Spithoven J, Heederik DJJ (2013): Endotoxin levels in homes and classrooms of Dutch school children and respiratory health. *European Respiratory Journal* 42: 314–322
- [5] Wargocki P (2004): Sensory pollution sources in buildings. *Indoor Air* 14 (Suppl 7): 82–91
- [6] Daisey JM, Angell WJ, Apte MG (2003): Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. *Indoor Air* 13: 53–64
- [7] Bischof W, Wiesmüller GA (2007): Das Sick Building Syndrome (SBS) und die Ergebnisse der ProKlimA Studie. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis* 12: 23–42
- [8] European Collaborative Action «Indoor Air Quality & Its Impact on Man» ECA IAQ (1992): Report No. 11: Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings, EUR 14449 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg
- [9] Zhang X, Wargocki P, Lian Z, Thyregod C (2017): Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms and cognitive performance. *Indoor Air* 27: 47–64
- [10] EN 15251 (2007): Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings – addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics. CEN, Brussels (SIA 382.706)
- [11] Cain WS, Leaderer BP, Isseroff R, Berglund LG, Huey RJ, Lipsitt ED, Perlman D (1983): Ventilation requirements in buildings—I. Control of occupancy odor and tobacco smoke odor. *Atmospheric Environment* 17: 1183–1197
- [12] Wargocki P, Sundell J, Bischof W, Brundrett G, Fanger PO, Gyntelberg F, Hanssen SO, Harrison P, Pickering A, Seppänen O, Wouters P. (2002): Ventilation and health in non-industrial environments: report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN). *Indoor Air* 12: 113–128
- [13] Fisk WJ, Mirer MJ, Mendell MJ (2009): Quantitative relationship of sick building syndrome symptoms with ventilation rates. *Indoor Air* 19: 159–165
- [14] Seppänen O, Fisk WJ, Lei QH (2006): Ventilation and performance in office work. *Indoor Air* 16: 28–36
- [15] Wargocki P, Sundell J, Bischof W, Brundrett G, Fanger PO, Gyntelberg F, Hanssen SO, Harrison P, Pickering A, Seppänen O, Wouters P. (2002): The role of ventilation and HVAC systems for human health in non-industrial indoor environments. A supplementary review by EUROVEN group. *Proceedings of Indoor Air 2002*: 33–38

[16] Annesi-Maesano I, Baiz N, Banerjee S, Rudnai P, Rive S (2013): Indoor air quality and sources in schools and related health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B* 16: 491–550

[17] Wargocki P, Wyon DP (2006): Research report on effects of HVAC on student performance. *ASHRAE Journal* 48: 23–26

[18] Bakó-Biró Zs, Clements-Croome DJ, Kochhar N, Awbi HB, M.J. Williams MJ (2011): Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Building and Environment* 48: 1–9

[19] Haverinen-Shaughnessy U, Moschandreas DJ, Shaughnessy RJ (2011): Association between substandard classroom ventilation rates and students' academic achievement. *Indoor Air* 21: 121–13

[20] Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörde (Ad-hoc AG IRK/AOLG) (2008): Gesundheitliche Bewertung der Kohlendioxidkonzentration in der Innenraumluft. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 51: 1358–1369

[21] Pettenkofer M (1858): Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. Literarisch-Artistische Anstalt der J.G. Cotta'schen Buchhandlung, München



# Simuler la qualité de l'air intérieur

L'OFSP a développé le simulateur d'aération SIMARIA dans le cadre de la campagne «De l'air frais pour des idées claires». Cet outil en ligne, destiné à simuler la qualité de l'air dans les salles de classe, permet aux élèves et aux enseignants de calculer facilement la qualité de l'air dans leur classe et d'adapter leurs habitudes d'aération afin d'obtenir une qualité suffisante. Les habitudes d'aération à adopter peuvent être sauvegardées en format PDF et imprimées. [www.simaria.ch](http://www.simaria.ch)

**1** Volume de la pièce: Longueur 8, Largeur 8, Hauteur 3. **2** Nombre de personnes dans la pièce: 18.

**3** Horaire scolaire: 4 x 45 min. / 3 x 45 min.

**4** Horaire des pauses: 3 x 5 min. + 1 x 15 min. / 1 x 5 min. + 2 x 15 min.

**5** Simulation de la qualité de l'air: Graphique montrant l'évolution de la qualité de l'air au fil de la journée (Matin, Midi, Après-midi) avec des pics et des creux correspondant aux périodes de cours et de pauses.

**A** Qualité de l'air au fil de la journée scolaire: Indicateur visuel (sourire) et pourcentages: 60% Valeurs de l'air bonnes et confortables, 33% Valeurs de l'air suffisantes, 7% Valeurs de l'air insupportables.

**C** Boutons de navigation: Imprimer, Historique, Exportation, Réinitialiser.

**1** Volume de la pièce: Longueur 8, Largeur 8, Hauteur 3. **192** m<sup>3</sup>

**2** Nombre de personnes dans la pièce: 18. Personnes

Sur [simaria.ch](http://simaria.ch), les données relatives au volume de la salle de classe et au nombre de personnes présentes dans la pièce (élèves + enseignants) sont saisies dans une première étape.

**3** Horaire scolaire: **4** Nombre de périodes (Matin) x 45 min. / **3** Nombre de périodes (Après-midi) x 45 min.

Ensuite, le nombre de périodes de cours en matinée et durant l'après-midi est défini. Une durée standard de 45 minutes est pré-saisie. Si besoin, la durée des périodes d'enseignement peut être adaptée en fonction des besoins particuliers.

**4** Horaire des pauses: **5** Pause courte (min.) / **15** Pause longue (min.) / **2** Nombre de périodes jusqu'à la pause longue (Matin) / **5** Pause courte (min.) / **15** Pause longue (min.) / **2** Nombre de périodes jusqu'à la pause longue (Après-midi).

La durée des pauses est ensuite saisie et peut également être adaptée en fonction des besoins particuliers.



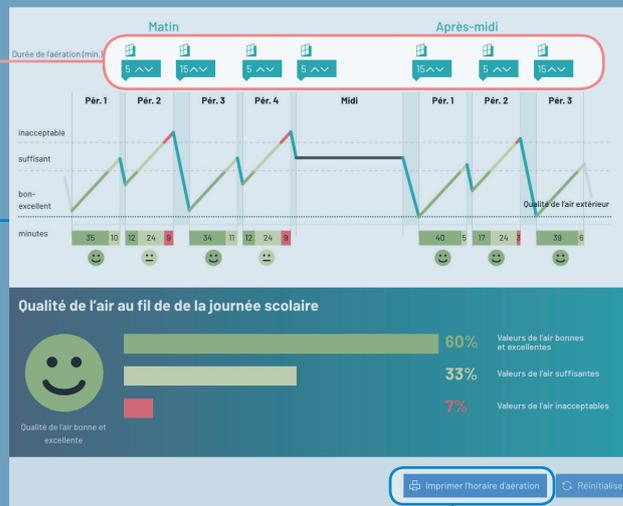
SIMARIA peut être utilisé sur un ordinateur fixe, une tablette ou un smartphone. Sur smartphone, un affichage au format horizontal est recommandé.

Les champs relatifs aux horaires d'aération sont préremplis avec des valeurs standards. Il convient de les remplacer par les horaires d'aération effectifs.

5

A

La qualité de l'air est simulée en fonction des données saisies et affichée sous forme de courbe s'étendant sur toute la journée scolaire.



La qualité de l'air au fil de la journée scolaire est affichée en pour cent. Cela permet de déduire si la qualité de l'air est bonne, suffisante ou insuffisante sur la durée totale de la journée scolaire.

B

C

**Imprimer l'horaire d'aération**

École, Lieu

Salle

Votre nom

Après avoir indiqué l'école et la salle occupée par la classe, un horaire d'aération spécifique est assigné au local évalué.



Cet horaire indique les durées d'aération nécessaires le matin et l'après-midi, et affiche l'évolution de la qualité de l'air de manière graphique. Il indique également le nombre de personnes pour lequel cette pratique d'aération s'applique. La qualité de l'air qui en résulte sur l'ensemble de la journée d'école s'affiche sous forme de smiley.

**Air frais, idées claires**

Horaires d'aération pour : **Salle 108, pour au maximum 18 personnes**  
Ecole XYZ, Bienne

Les horaires d'aération suivants permettent d'assurer une bonne qualité de l'air dans les classes :

**Horaires d'aération matiné**

- Période 1: Aérer 5 min
- Période 2: Aérer 15 min
- Période 3: Aérer 5 min
- Période 4: Aérer 5 min
- Période 5: Aérer 5 min

**Horaires d'aération après-midi**

- Période 1: Aérer 5 min
- Période 2: Aérer 5 min
- Période 3: Aérer 15 min

La qualité de l'air évolue de la manière suivante :

Qualité de l'air bonne à excellente durant la journée de cours

**Conseils pour les chaudes journées d'été**

- Aérer longuement pour rafraîchir les pièces, si possible le nuit ou tôt le matin.
- Avant les heures extérieures avant que le soleil diffuse ses premiers rayons à travers les fenêtres.

**Conseils pour l'hiver**

- Par temps très froid, la durée d'aération nocturne est recommandée.
- En périodes de grand froid, quitter si nécessaire la salle de classe pendant l'aération.
- Aérer trop longuement pendant la période de chauffage peut assécher l'air et provoquer une sécheresse des yeux ou une irritation des voies respiratoires. Cette opération peut également avoir un impact négatif sur l'efficacité énergétique.

© 2020 avec le soutien d'airclean (SN020) [www.airclean.ch](http://www.airclean.ch) par l'organisme Support.

Un horaire d'aération imprimé, placé de manière bien visible dans la classe, permet aux élèves et aux enseignants de visualiser immédiatement les habitudes d'aération à adopter. Cet horaire d'aération apporte ainsi un soutien précieux dans la structuration du processus d'aération en lui donnant un aspect contraignant.

# Mentions légales

© Office fédéral de la santé publique OFSP

Éditeur : Office fédéral de la santé publique OFSP

Dans le cadre de la campagne sur l'amélioration de la qualité de l'air dans les écoles suisses

Date de parution : mars 2019

Cette publication est disponible en français, en allemand et en italien.  
Elle n'est pas disponible en format imprimé.

Conception et mise en page : moxi ltd, Bienne, [www.moxi.ch](http://www.moxi.ch)

Pour de plus amples informations :

[www.ofsp.admin.ch](http://www.ofsp.admin.ch)

[www.aerer-les-ecoles.ch](http://www.aerer-les-ecoles.ch)

[www.simaria.ch](http://www.simaria.ch)